

П.С. Гончарь
г. Екатеринбург,
Российский государственный
профессионально-педагогический
университет

Методологический потенциал естественнонаучной синергетики в психологических исследованиях

Научная синергетика — что это такое?

Существует немало определений того, что такое синергетика. Если исходить из моего понимания этого научного феномена, нет возможности и необходимости критиковать частные формулировки, а лучше признать, что каждая из них отражает свой аспект много-стороннего явления либо, может быть, его преломления в сознании исследователей. В основе синергетики лежит движение продуктивной теоретической мысли, поэтому искусственное отграничение продуктов теоретического мышления от их методологического осознания самим исследователем с последующим пренебрежением методологическим контекстом было бы вредно. Я считаю, что нужно попытаться воспользоваться всеми определениями одновременно.

Как известно, сам термин «синергетика» предложил Г. Хакен¹, производя его от греческого «синергия» — совместное действие. Подразумевалось совместное действие разных научных дисциплин, объединяемых возможностью широкого применения и взаимного заимствования формального аппарата для рассмотрения, единообразных проблем, обнаруженных в подавляющем большинстве отраслей естественнонаучного, общественного и гуманитарного знания. В свою очередь, эти проблемы схожи в том, что требуется объ-

¹ Первое использование термина «Синергетика» Г. Хакен относит к своей лекции, прочитанной в Штуттгартском университете в 1969 году. Позже он рассматривал синергетику, науку о взаимодействии, противопоставляя её другим идеям, которые претендуют на унификацию науки, — теории катастроф (Рене Тома и др.) и концепции диссипативных структур («Брюссельская школа», Илья Пригожин и др.). Сейчас термин «синергетика» значительно расширил свое значение.

яснить, исходя из положения о совместном действии объектов (или субъектов), как возникают качественно новые признаки, характеризующие эту совокупность объектов или её эволюцию (поведение). Необходимо отметить, что на момент формулировки Г. Хакеном синергетической метанаучной программы значительные результативные попытки решения подобных проблем уже были, некоторые из них относились к самому началу XX века. Кроме того, (как очень многое в арсенале современных теоретических концепций), оказалось, что очень похожие вопросы и решения содержатся в античной философской традиции. Однако заслуга выявления общенаучного характера и, следовательно, интегрирующей функции, таких проблем принадлежит именно Г. Хакену.

Другая значимая формулировка, принадлежащая И. Пригожину, менее известна: «Традиционно рассматривались простые свойства простых систем; пора переходить к изучению простых свойств сложных систем». В этой формуле два момента, на мой взгляд, требуют уточнения: что такое «система» и что такое «простое/сложное»? *Система* — я предлагаю пользоваться таким рабочим определением, — это такая совокупность элементов, свойства которой не сводятся исключительно к сумме свойств элементов, но являются и следствием отношений между элементами. В качестве примера можно привести ярлык «система противовесов» для государственной «бюрократической машины» времен Б. Ельцина. Синергетику, я думаю, правильно считать продолжением и развитием системного подхода, увеличивающим его применимость и объяснительную силу. *Сложная система* — в моем понимании, — не поддающаяся однозначному прогнозированию из-за нетривиальных связей между элементами. В формуле И. Пригожина скрыто подразумевается существование таких ситуаций, когда корпоративные проявления (т.е. результаты совместного действия элементов) системы легче формализовать, чем свойства отдельных элементов и/или связи между ними. На рассмотрение сложных свойств простых и сложных систем, если последнее возможно представить, синергетика не претендует.

Приведу ещё несколько «частных» определений, возникших из попыток обобщить свойства объектов, которые рассматривались в рамках синергетики: Итак, синергетика — это теории и модели:

- «активных» сред, в которых существуют возобновляемые источники энергии и информации;
- самоорганизации, т.е. появления новообразований с качественно более сложной структурой, по сравнению с окружением;
- бифуркаций, т.е. состояний, в которых возникает несколько вероятных сценариев возможного изменения системы и выбор между сценариями зависит от случайных факторов (в том числе — «катастроф», т.е. состояний, в которых моделируемый объект «теряет память» о предыдущих состояниях и меняется без сохранения преемственности);
- роли случайностей в формировании проявляющихся и наблюдаемых закономерностей;
- «притяжения» объекта к какому-либо ожидаемому состоянию без достижения полного покоя, либо странного поведения объекта, когда он самопроизвольно «переключается» из одного ожидаемого состояния в другое, не менее вероятное.

Этот список, наверное, не является исчерпывающим, его можно было бы продолжить. Главная сложность, на мой взгляд, — сохранить убежденность во взаимной дополнительности и усилении приведенных формулировок.

Методическая сторона синергетики включает целесообразность как одну из со-причин (или со-виновников) происходящих процессов развития новообразований, наряду с причинами – событиями и причинами – действиями. Эта сторона причинности, известная со времен Аристотеля, игнорировавшаяся в традиционном естествознании, и реабилитированное, скрывается за понятиями «параметр порядка», «выгодное групповое поведение» и др.

Синергетика и гуманитарные исследования

Общенаучное движение методологических идей, получившее название «Синергетика», привлекает все большее внимание исследователей-гуманитариев. Возможность применения идей, методов и концептуальных результатов синергетики к решению проблем, ха-

ракторных для традиционной проблематики общественных и гуманитарных наук, кажется очень соблазнительной. Этот соблазн усиливается благодаря декларации в фундаментальных текстах и определениях синергетики (особенно см. программные работы Г. Хакена) методологических установок: раздается призыв к заимствованию формального аппарата, разработанного для решения одних проблем², к решению аналогичных проблем в рамках других отраслей научного знания и к широким методическим инновациям. На этой основе возникает ожидание того, что синергетика выступит в интегрирующей науку функции.

Однако отклик «гуманитариев» и их попытки воспользоваться доступными теоретическими богатствами зачастую не радуют «естественников», но почему? Ведь дело, наверное, не только в «мета-научном нарциссизме». Мне кажется, что, ориентируясь на свою проблематику, гуманитарии склонны наполнять привычные семантические единицы (например: пространство, состояние, граница, ожидание, катастрофа, цель) своим, новым содержанием³. Словоупотребление, которое демонстрируют «гуманитарии», в глазах «естественников» часто походит на то словоупотребление, которое демонстрируют «наивные философы». Иногда, в результате рефлексии, «естественники» предлагают называть синергетическими только те работы, в которых содержится формальная модель и соответствующие расчеты, но такие мнения озвучиваются довольно редко и

² Чаще всего — неклассических естественнонаучных проблем. Необходимо отметить, что формальный аппарат в естественнонаучных исследованиях действительно иногда удивляет простотой и изяществом, что очень ценится естествоиспытателями. Именно простота и изящество формального аппарата вселяют надежду на его более чем одноразовую, пригодность.

³ Было бы неверно сказать, что понятийное наполнение этих терминов не эволюционирует вообще. Точно так же, изменения в естественнонаучной проблематике продуцирует изменения в содержании формально неизменных терминов. Но, бывает, «гуманитарии» наполняют слова новым понятийным содержанием, не зная, что оно новое и несколько не заботясь о соблюдении «принципа соответствия». К тому же, в «гуманитарной» субкультуре изменение содержания терминов само по себе признается приемлемой формой теоретического движения мысли, для «естественника», если такое изменение терминов не сопровождается изменением способов оценки (измерения) или формального аппарата теории, оно является ничтожным и непродуктивным, так как ухудшает взаимопонимание между субъектами.

считается общепризнанным, что потенции синергетики гораздо шире.

Мне видятся три пути использования достижений синергетики в психологической проблематике. Во-первых, аккуратное инновационное использование сложившегося формального и математического аппарата для моделирования объектов, процессов и явлений. Важно подробно описать все используемые переменные, указывая их психологический смысл и, очень желательно, оценочные (измерительные) процедуры.

Во-вторых, можно применять дедуктивную «проекцию» некоторых обобщающих выводов, полученных в большом количестве расчетных исследований, на новую проблемную ситуацию без непосредственного расчета. В этом случае моделью для описания, объяснения⁴ и прогнозирования эволюции какого-либо социального или психологического феномена является весь понятийный аппарат, выработанный и валидизированный ранее. Общая логика рассуждений в этом случае должна быть выдержана в рамках схемы «общая посылка: заимствованная понятийно-терминологическая система и методы прогноза» — «частная посылка: идентификация известных характеристик и состояний моделируемого объекта с понятиями и терминами заимствованной теоретической схемы» — «выводы: интерпретация оставшихся элементов модели в терминах моделируемого объекта». Такая, простая на первый взгляд, процедура может существенно помочь в проектировании эмпирического исследования, указав на те факторы, которые можно обнаружить и исследовать, применяя привычные методики. Далее в статье приводятся такие понятийно-терминологические конструкции, которые, на мой взгляд, можно использовать для практического моделирования.

В-третьих, изучение синергетики может вдохновить исследователя на описание сложных феноменов, находящихся под его вниманием, в своеобразной «синергетической» форме. Оценивать тексты, полученные таким образом, необходимо по критериям философии

⁴ Объяснить — значит показать, как общее проявляется в частном. Это научное определение сильно отличается от привычного бытового: «Объяснить — сделать субъективно понятным и приемлемым, увязать с привычным».

как искусства. Например, возможен прагматический критерий — насколько текст достигает своей цели, насколько он полезен. Можно оценивать соответствие *стиля* текста и *вкуса* читателя: насколько они соответствуют друг другу? (Я не считаю, что всегда должна быть полная когерентность между автором и читателем.) Наконец, есть возможность использовать негативный критерий — оценить прямую направленность текста на эпатаж и инициацию скандала⁵.

Фракталы (объекты с нецелой размерностью)

Размерность вообще можно определить как количество характеристик, по которым необходимо и достаточно сравнить два аналогичных объекта, для заключения об их различии или идентичности. С позиций здравого смысла абсолютно ясно, что это количество выражается целым числом. Понятие о фрактальной (нецелой) размерности появилось из изучения таких объектов, например, как морское побережье. На географической карте побережье изображается линией, но реальная граница между водой и сушей сложнее: если взять карты разного масштаба, и попробовать оценить длину побережья, то окажется, что с уменьшением пропорции изображения полученное значение существенно возрастает, а не просто уточняется. Причина в данном случае очевидна: в большем масштабе не видны подробности и линия сглаживается, хотя общая «степень искривленности» (т.е. количество изгибов на один сантиметр в масштабе карты) остается примерно постоянной. На вопрос о размерности береговой границы можно ответить, что, во-первых, она меньше двух (размерность прямоугольника на карте, в котором граница заведомо помещается) и больше одного (для любого взятого наперед значения длины можно найти такой масштаб карты, что длина побережья будет больше взятого значения). Необходимо отметить, что в приведённых выше рассуждениях подразумевается абстрактная линия, не имеющая толщины, и только этот факт позволяет получить вывод: побережье — объект с размерностью в интервале от одного до двух. Использование любого конкретного из-

⁵ Бранский В.П. Синергетический циклизм в истории, культуре и искусстве. // Мир психологии, 2002. — №3. — С. 25–40.

мерительного инструмента или любой конкретной географической карты редуцирует размерность до привычного целочисленного значения.

Приведенный пример указывает на то, что привычка пользоваться представлениями о непрерывных характеристиках объекта легко может подвести исследователя-теоретика. В качестве классического примера подойдут представления о непрерывном пространстве и времени⁶. Фактически, когда используются любые способы измерения промежутков пространства или времени (объективные или субъективные — безразлично), оно автоматически разбивается на доли: абсолютно точного прибора не существует, а промежутки с продолжительностью меньше, чем систематическая ошибка прибора, приходится считать «точечными» или «моментальными». Два события могут оказаться раздельными в пространстве или во времени и нераздельными, в зависимости от того, каким способом фиксируются промежутки. Для удобства можно считать, что система «объект плюс прибор» нетождественна исходному объекту, но ведь без оценки и измерения эмпирическое сравнение свойств объекта в «свободном» и «контролируемом» состояниях становится невозможным и вопрос о том, каков объект сам по себе, менее корректен, чем вопрос о том, какие результаты даст измерение свойств объекта конкретным прибором.

Сказанное выше превосходно иллюстрируется апорией Зенона «Ахиллес и черепаха». Ахиллес никогда не догонит черепаху, если мыслить пространство и время непрерывными и бесконечно делимыми, как фактически было сделано в примере с морским побережьем. Здравый смысл и абстрактные представления заводят в тупик и для выхода из этого тупика достаточно отказаться от измерения расстояний и промежутков времени точнее, чем требуется на один шаг Ахиллеса либо черепахи. Именно дискретность и изме-

⁶ С веществом проще: утверждение о том, что вещество состоит из атомов, сейчас не вызывает возражений. Однако разного рода гипотетические субстанции не эксплуатируются в современной психологии, и поэтому в этой работе обсуждение дискретной сущности вещества и принципиальных следствий из этого положения не проводится.

няемая точность восприятия позволяют человеку видеть, например, отдельные деревья на опушке и всю опушку леса целиком.

Опираясь на сказанное, можно сформулировать выводы. Фрактальные объекты одновременно обладают двумя замечательными свойствами: масштабной инвариантностью (самоподобием, сохранением характерных свойств при увеличении масштаба с одновременным огрублением исследовательских средств) и сильной зависимостью значений их характеристик от точности измерения. Предположив, по одному из названных признаков, фрактальный характер исследуемого объекта, можно, например, по результатам изучения небольшого фрагмента точными средствами сделать нетривиальный прогноз о том, что будет наблюдаться при изучении большего фрагмента теми же самыми или более грубыми средствами. Последний случай, на мой взгляд, имеет большую практическую значимость. Многие психические процессы, когнитивно-семантические конструкты, гештальты, деятельность и личностные образования не обязаны «вписываться» в привычную декартову систему целочисленных координат и понятие о фрактальной размерности, может быть, окажется здесь полезным. По отношению к этим объектам психологического исследования могут быть поставлены вопросы: «В каком смысле они самоподобны?»; «Какие характеристики сильно зависят от степени подробности рассмотрения объектов?».

Обычные, «целоразмерные» объекты ведут себя по отношению к точности измерений по-другому: результаты измерений всех характеристик с различной точностью совпадают в статистическом смысле (особенно если сам объект или его состояние не разрушается в процессе измерения); существует оптимальное значение чувствительности прибора, когда её увеличение бессмысленно из-за влияния случайных факторов и флуктуаций состояния объекта⁷. Масштабная инвариантность не наблюдается.

Необходимо отметить, что понятие о фракталах играет в естественнонаучной синергетике вспомогательную, служебную роль (ссылка будет дана дальше). Здесь не рассматриваются какие-либо

⁷ Величина таких флуктуаций, локальных беспричинных отклонений каких-либо характеристик от среднего значения, — самостоятельная и достаточно информативная характеристика объекта.

особые процессы, индуцированные взаимодействием между элементами системы или системой и её окружением. Однако это обстоятельство не мешает использовать эту теоретическую конструкцию наряду с другими формальными схемами, без абсолютизации и с четким различием способов описания (моделирования) объекта и его самого.

Динамические системы

С появлением мощных расчетных средств появились новые результаты в, казалось бы, давно исследованной области, где первопроходцами можно считать И. Ньютона и других классиков. Речь идет о «динамических» системах, которые моделируются с помощью утверждений о связи между характеристиками системы и быстротой изменения других характеристик с течением времени. Подразумевается, что все характеристики являются численными и параметрическими, изменения — непрерывными и, если вообразить декартову систему координат с таким количеством осей, сколько есть характеристик, то все состояния системы будут иметь вид некоей линии в этом формальном пространстве⁸. Долгое время господствовало убеждение, что, зная исходное состояние (т.е. значения всех характеристик системы в какой-то один момент времени) и характер влияния одних величин на быстроту изменения других величин (т.е. динамические законы⁹) можно построить сколь угодно точный прогноз поведения системы (детерминизм Лапласа), именно этот путь развития науки является правильным¹⁰. Это убеждение испытало ряд ударов, радикально изменивших идеологию физики. Во-первых, динамические законы не меняются при формальной замене «направления течения времени» настолько, что можно отличить реаль-

⁸ Вопросы о норме и метрике, то есть о величине расстояния между отдельными «точками» этого формального пространства обычно не ставится, так же, как не рассматриваются вопросы об однородности, изотропии и относительности — они часто некорректны.

⁹ Для получения динамических законов использовались вариативные принципы: формулировалась «целевая функция», зависящая от характеристик системы и скорости их изменения, и ставилась задача на поиск экстремальных изменений этой целевой функции.

¹⁰ Именно в надеждах такого рода корениться неоправданная уверенность в том, что психическое движение может быть сведено к физиологическому (биологическому), химическому и, наконец, к физическому.

ную направленность процессов, а это противоречит данным непосредственного опыта, биологии и фундаментальным положениям термодинамики. Большинство наблюдаемых процессов необратимы и это позволяет, например, отличить «прямую» прокрутку видеозаписи от «обратной». Во-вторых, среди привычных характеристик систем оказались пары, дополняющие друг друга, и именно такие характеристики оказались неизмеримыми в одном опыте (наблюдении): при фиксации одной характеристики другая характеристика существенно разрушается. Следовательно, полный прогноз по описанной выше схеме невозможен, хотя часто можно судить о характере движения (некоторые результаты, для классических простых ситуаций, приведены в табл.1). В третьих, именно в рамках синергетики были открыты и исследованы особые ситуации, с принципиально ограниченными возможностями прогнозирования, — детерминированный хаос.

Таблица 1

Наиболее вероятный прогноз поведения характеристик системы
в простых случаях

Утверждения о быстроте изменения характеристик (величин)*	Наиболее вероятное поведение характеристик (величин)
1	2
1. Быстрота прироста (убыли) X равна нулю $\frac{dX}{dt} = 0$	Стабильное состояние X
2. Быстрота прироста (убыли) X постоянна (стабильна) $\frac{dX}{dt} = \text{const}(X, t)$ или $\frac{dX}{dt} = -\text{const}(X, t)$	Равномерный (линейный) прирост (убыль) X
3. Быстрота прироста (убыли) X равномерно возрастает, пропорциональна прошедшему времени изменения $\frac{dX}{dt} = \text{const}(X, t) \times t$	Квадратичная (параболическая) зависимость величины X от времени

Продолжение табл. 1

1	2
<p>4. Быстрота прироста X пропорциональна самой величине X</p> $\frac{dX}{dt} = \text{const}(X, t) \times X$	<p>Экспоненциальное возрастание величины X. Формально, возрастание ничем не ограничено; практически, такое поведение одной из величин приводит либо к появлению сдерживающих факторов (модель необходимо усложнять), либо к разрушению системы</p>
<p>5. Быстрота убыли X пропорциональна отклонению X от какого-то значения X_0</p> $\frac{dX}{dt} = -\text{const}(X, t) \times (X - X_0)$	<p>Приближение X к X_0 и стабилизация. Формально, полное совпадение не наступает, но фактически стабилизацией можно считать такое состояние, когда X неотличим от X_0 из-за ошибок измерения</p>
<p>6. Быстрота увеличения X пропорциональна величине Y, а быстрота увеличения Y, в свою очередь, пропорциональна величине X</p> $\frac{dX}{dt} = \text{const}_1(X, Y, t) \times Y$ <p><i>т.е. то, что</i></p> $\frac{dY}{dt} = \text{const}_2(X, Y, t) \times X$	<p>Характеристики X и Y одновременно испытывают резкое увеличение или уменьшение. Стабильное состояние с нулевыми значениями X и Y неустойчиво. Если исходно величины имеют разный знак, то резкому одновременному изменению предшествует этап «борьбы», исход которой зависит от начальных значений и коэффициентов пропорциональности. См. также примечание к п.4.</p>
<p>7. Быстрота убыли X пропорциональна величине Y, а быстрота увеличения Y, пропорциональна величине X</p> $\frac{dX}{dt} = -\text{const}_1(X, Y, t) \times Y$ <p><i>т.е. то, что</i></p> $\frac{dY}{dt} = \text{const}_2(X, Y, t) \times X$	<p>Величины X и Y испытывают колебания с периодом, который зависит от коэффициентов пропорциональности и амплитудой, которая зависит от исходного состояния величин. Каждая величина имеет экстремальное значение в те моменты времени, когда другая величина обращается в ноль.</p>

Окончание табл.1

1	2
<p>8. Быстрота убыли X пропорциональна величине Y, а быстрота убыли Y, в свою очередь, пропорциональна величине X</p> $\frac{dX}{dt} = -const_1(X, Y, t) \times Y$ <p><i>нпу мом, что</i></p> $\frac{dY}{dt} = -const_2(X, Y, t) \times X$	<p>Характеристики X и Y, при значительных значениях времени, ведут себя противоположно: одна из них испытывает резкое увеличение, а другая — уменьшение. Стабильное состояние с нулевыми значениями X и Y неустойчиво. Если исходно величины имеют одинаковый знак, то резкому расхождению предшествует этап «борьбы», исход которой зависит от начальных значений и коэффициентов пропорциональности. См. также примечание к п.4.</p>
<p>9. Быстрота изменения величины X меняется со временем в зависимости от того, какова абсолютная (по модулю) величина X, причем при малых абсолютных значениях X — резкое изменение быстроты прироста или убыли X («притяжение к нулевому значению»), а при больших абсолютных значениях X быстрота изменения остается практически постоянной</p>	<p>Среди множества вариантов поведения X, зависящих от исходного значения X и исходного значения быстроты изменения X, можно выделить следующие сценарии. Во-первых, X, частично уменьшив быстроту изменения, «отрывается» от нулевого значения (далее см. п.2.). Во-вторых, X «не может оторваться» от нулевого значения, но, приближаясь к нулю, увеличивает быстроту изменения. Приняв «быстроту изменения X» за Y (она с замедлением, но уменьшается при увеличении X), можно применить п.7. и предсказать колебательное поведение X: имея высокую скорость изменения, X не сохраняет стабильности в состоянии с нулевым значением.</p>

* Коэффициенты пропорциональности, независимые от всех характеристик и времени, везде считаются положительными

Одно из достижений естественнонаучной синергетики, как уже было сказано, состоит в том, что с помощью расчетных средств удалось существенно обогатить представление о динамических моделях. Были открыты ситуации, когда прогноз поведения характеристик существенно зависел от самых ничтожных поправок, внесенных в начальные условия, при неизменных уравнениях. (Это касается не

характера движения, а величины результата, который получается путем расчета). Естественно, возникло опасение, что такой прогноз ненадежен, поскольку начальное состояние системы абсолютно точно не определяется и любое случайное влияние на моделируемую систему приведет к существенному расхождению с прогнозом. С другой стороны, сильная зависимость результатов развития от ничтожного изменения начальных условий довольно часто наблюдается в действительности, и до открытия детерминированного хаоса такие ситуации не имели подходящего аналога в поведении динамических моделей.

Есть два способа преодоления указанного затруднения. Во-первых, можно предложить динамическую модель расхождения прогнозов и на её основе ввести важное понятие о надежности и времени уверенного прогнозирования. Для этого примем, что быстрота расхождения прогноза и поведения реальной системы тем больше, чем существующая разница между прогнозируемым и реальным состоянием системы (то же самое можно сказать о двух прогнозируемых состояниях с немного отличающимися начальными условиями). Применяя п.4. из табл.1., получаем модель для прогноза расхождения:

$$\Delta(t) = \Delta_0 e^{\lambda t}$$

здесь Δ — расхождение значений какой-либо характеристики системы в реальности и в прогнозе, Δ_0 — начальное расхождение, λ — «показатель Ляпунова», характеристика неустойчивости прогноза, его можно определить, сделав два прогноза с фиксацией разницы между начальными условиями этих прогнозов и конечными результатами. Зная показатель λ , можно оценить «время двойного ухудшения надежности прогноза» (за это время исходное расхождение увеличивается вдвое):

$$T_{(2)} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Второй способ, на мой взгляд, наглядней и надежней. Если подозревается расхождение траекторий, нужно расчетными средствами строить не один, а целую серию прогнозов для набора близких начальных условий. По доле траекторий, приводящих к одному из ожидаемых состояний, можно судить о вероятности этого состояния.

Дополнительно надо отметить, что все формальное «пространство характеристик» условно делится на области, различающиеся по типу поведения величин:

- области устойчивого неограниченного развития (всегда встаёт вопрос о появлении сдерживающих факторов, о правдоподобии модели или о возможном разрушении моделируемой системы);
- области с детерминированным хаосом, т.е. с постоянно расходящимися траекториями, что указывает на самоподобие и фрактальный характер таких областей;
- области притяжения, которые «захватывают» попавшую в них систему, ограничивая траекторию движения или значительно уменьшая вероятность выхода за пределы этой области, — аттракторы, их можно связывать с ожидаемыми и достаточно стабильными состояниями, не требующими полного покоя.

С течением времени величина и положение областей могут меняться, но для этого необходимо рассматривать их в гораздо большем характерном масштабе времени, чем тот масштаб, который характерен для заметных изменений отдельной траектории.

Возможность применения понятий, выработанных при применении динамических моделей, в психологических исследованиях, ограничена, в первую очередь, непараметрическим характером тех характеристик, которые используются психологами. Результаты, приведенные в таблице, часто справедливы только тогда, когда совершенно ясно, как интерпретировать отрицательное значение величин. Однако важные вопросы о надежности прогнозов, изменения привлекательности тех или иных состояний со временем, хаотического (т.е. непредсказуемого заранее) поведения, которое является следствием простых закономерностей и должно считаться настолько же «нормальным», как и другие виды поведения, — они могут быть предметом рассмотрения в психологии, а также в социологии и экономике. Имея в виду полученные естественнонаучные результаты, возможно поставить и решить аналогичные вопросы в применении к психическим процессам и состояниям, к личностным характеристикам и скорости их изменения под действием межличностных отношений, к привлекательности социально-профессиональных сообществ и т.д. Таким образом, по моему мнению, потенциал дина-

мических моделей и результаты их исследования в естествознании заключается, преимущественно, в ориентировании исследований на специфический предмет, а не в возможностях прямого расчетного прогноза.

Стохастические модели

В ситуациях, когда подозревается существенная значимость случайных факторов, которые невозможно учесть полностью, для моделирования процессов и используются специальные приемы, основанные на привлечении понятий о вероятности событий. Такая необходимость возникает в некоторых важных случаях, характерных, в том числе, для проблематики общественных и гуманитарных наук:

- взаимодействие «системы» и «среды», когда взаимные отношения элементов моделируемой системы представляются как динамические связи, а влияние средовых факторов — как вероятностное влияние;
- исключение решений типа «неустойчивое равновесие», допустимых теоретически, но практически не наблюдаемых в действительности;
- при решении вопроса об устойчивости поведения системы по отношению к случайным факторам и судьбоносным событиям, способным изменить состояние системы;
- расчет групповых эфффектов, когда моделируемая система состоит из множества одинаковых по свойствам элементов, а вероятность изменения состояния каждого из них зависит от других аналогичных элементов системы.

В первых случаях, обычно, сначала осуществляют моделирование динамических связей системы и только потом, если это необходимо по постановке задачи исследования или для согласования наблюдаемых фактов с теоретической моделью, добавляют в уравнения слагаемые, которые отражают случайные факторы (используются генераторы последовательностей случайных чисел, представления о распределении случайных факторов и т.д.). Прогноз проводится заново, и результаты нового расчета сравниваются с предыдущими результатами с целью выявления того, повлиял ли учет случайных факторов на поведение системы в целом. (Если,

кроме случайных факторов, не учитывать взаимосвязи между элементами, то получится полностью недетерминированная хаотическая модель, ставящая под сомнение то, правильно ли употреблен термин «система».)

В последнем случае поступают наоборот. Сначала оценивается вероятность изменения отдельного элемента за условную единицу времени под влиянием других элементов. Затем уже ставится вопрос о корпоративном поведении и его возможных исходах в зависимости от начальных условий. Здесь, опираясь на большое количество элементов, корректно поставить и с помощью моделирования решить вопрос о том, какая доля из них находится в том или ином состоянии: быстрота изменения искомой доли элементов пропорциональна вероятности перехода в это состояние. Она определяется тем, как распределены элементы по всем возможным состояниям в этот момент времени.¹¹

Не проводя расчетов, можно предсказать несколько вариантов исхода процессов, протекающих в таких «активных средах»¹²:

- Все элементы приходят в одинаковое состояние.
- На общем фоне элементов, находящихся в одинаковом состоянии существует стабильная группа, количество и расположение элементов в ней является необходимым и достаточным для поддержания существования этой группы, (состояние может быть легко разрушено из-за случайных факторов или единичных событий).
- На общем фоне существует образование, «захватывающее» новые элементы, но одновременно «теряющее» такое же количество элементов, (состояние может быть легко разрушено из-за

¹¹ По сути, на основании исходного рассуждения о вероятности изменения состояний, строится динамическая модель процесса изменения вероятности того, что какой-либо элемент будет обнаружен в конкретном состоянии. К этой динамической модели могут быть, в свою очередь, поставлены вопросы о влиянии «внешних» случайных факторов, изменяющих сложившееся распределение вероятностей.

¹² Интересный вариант активных сред — дискретные «клеточные автоматы», где изменение состояния элемента детерминировано состоянием его соседей, допускает прямое моделирование всех элементов, пошаговое определение их состояний и наблюдение различных исходов, количество которых оказывается удивительно малым по сравнению с количеством конкретных сценариев эволюции системы.

случайных факторов или единичных событий-встреч с другими образованиями).

- От стационарно существующего образования регулярно отделяются образования предыдущего типа.

- Экспансия образования (совокупности элементов, находящихся в таком состоянии, которое отличает их от общего фона) за счет захвата других элементов создает достаточные условия для развития нового образования на фоне предыдущего (в этом случае ставится вопрос о вероятности появления «затравки» нового образования).

- Колебательные изменения плотности элементов, находящихся в ином состоянии по сравнению с фоном.

Особого внимания заслуживает такой замечательный факт: достаточно разнообразные процессы могут происходить в одной и той же среде, состоящей из одних и тех же элементов. Для повышения жизнеспособности новообразования достаточно лишь немного изменить правила функционирования этих элементов, то есть существенное изменение наиболее вероятных сценариев развития образований достигается без существенной перестройки среды. Для таких сред характерна чувствительность к информационному, а не силовому, управлению протекающими процессами.

Самоорганизация и диссипативные структуры

Появление образований, превосходящих окружающую среду по своей сложности, либо упорядоченных структур на фоне унылой равномерности, либо регулярного корпоративного поведения элементов без тотального контроля каждого из них является, пожалуй, наиболее яркой ситуацией, которая обращает на себя внимание исследователей в самых разнообразных сферах практической деятельности человека. Высокая встречаемость явлений самоорганизации указывает на существование простой и универсальной логики зарождения и развития новообразований. Для психологических исследований, значение таких закономерностей заключается в их ориентирующей роли при изучении разнообразных новообразований в поведенческой, когнитивной и аффективной сферах психики.

Для зарождения и существования новообразований различной природы необходимо (но недостаточно) выполнение ряда условий. Во-первых, должна существовать «среда», элементы которой впоследствии смогут стать элементами новообразования. Изначально все элементы среды могут быть одинаковыми и неупорядоченными, взаимодействовать стохастически и без существенного влияния на состояние друг друга.

Во-вторых, среда должна быть в каком-либо смысле «питательной»: в ней должны протекать процессы энергетического или информационного переноса. Новообразования возникают не в глубине однородных по своим свойствам областей, а на границах раздела между такими областями и средой для них служит пограничный слой, в котором протекают неравновесные процессы. Здесь необходимо сделать следующее замечание. За понятием о среде скрывается представление о некотором пространстве. При рассмотрении изолированных систем можно было бы не обращать внимания на отличие свойств элементов «здесь» и «там», именно это упрощение обусловило, первично, акцентуацию внимания исследователей на изолированных системах в рамках традиционного системного подхода. Но в случае открытых систем, оказывается, невозможно игнорировать пространственную разделённость: кроме того «места», где ожидается появление новообразования, должны быть другие «места».

В-третьих, для теоретического анализа необходимо выделить такую характеристику ожидаемого новообразования, «параметр порядка», которая должна зависеть от наличия какого-либо состояния отдельных элементов

В-четвертых, «параметр порядка» должен способствовать, при собственном увеличении, росту вероятности того состояния, которым он определяется. Бывают ситуации, когда при малом изменении «параметра порядка» это условие не выполняется, тогда говорят, что «среда устойчива по отношению к изменениям «параметра порядка». Изменением свойств среды (увеличением информационного и энергетического потока), обычно, можно снизить этот порог устойчивости.

В-пятых, в среде должны существовать случайные неупорядоченные отклонения в состоянии элементов от среднего состояния, — флуктуации. Если в среде выделить небольшую область, то состояние элементов в этой области должно, хотя бы иногда, отличаться от среднего состояния в среде. Такое отклонение может компенсироваться противоположным отклонением в другой аналогичной области среды. Для сред со стохастическим взаимодействием часто оказывается, что локальное состояние с небольшим отклонением от общего среднего состояния более вероятно, чем точное повторение общего среднего, и это способствует случайному увеличению «параметра порядка» до критического значения. В качестве меры управления, можно каким-либо образом инициировать сильную флуктуацию и, таким образом, способствовать возникновению ожидаемого новообразования, либо, напротив, профилактика и упреждение возникновения сильных флуктуаций может быть мерой, направленной против ненужного образования¹³.

В-шестых, развитие новообразования ограничивается теми ресурсами, которые могут перераспределиться «в пользу» новообразования. Обычно возникшие новообразования более эффективно, чем исходная среда, производят перенос энергии и информации и, таким образом, способствуют более быстрому выравниванию условий в окружающей их среде, отсюда происходит их название, — диссипативные (рассеивающие) структуры. При этом информационные и энергетические потоки перераспределяются, но жизнеспособность новообразования зависит от возможности среды возобновлять свои ресурсы и поддерживать информационные и энергетические потоки. Отсюда следует ещё один способ управления новообразованием.

В-седьмых, развивающееся новообразование, из-за перераспределения ресурсов, препятствует развитию аналогичных образований либо поглощает их. Развитая и стабильная диссипативная структура уменьшает интенсивность флуктуаций «вокруг» себя,

¹³ Внешнее вмешательство с любыми намерениями, само по себе, является стрессовым фактором и, поэтому, будет неэффективной мерой профилактики, направленной против новообразований. Лучший результат дает предварительное «закаливание» и отбор элементов среды.

снижая вероятность появления конкурирующих структур. При этом внутри самой системы может, в свою очередь, возникнуть диссипативная подструктура, своеобразная элита.

Процессы с бифуркациями, катастрофы

Бифуркационным процессом называют такое изменение системы, которое, со сравнительно высокой вероятностью, может иметь несколько исходов. Собственно, бифуркация — это «точка разветвления» вероятных сценариев развития. Говоря на этом языке, можно произвести универсальную классификацию сценариев развития, выделив системы: а) развивающиеся устойчиво, без бифуркаций (для таких систем характерно отсутствие чувствительности к небольшим флуктуациям); б) системы, испытывающие конечное количество бифуркаций за значимый промежуток времени, либо регулярные бифуркации, что характерно, например, для «странных аттракторов»; и в) системы, испытывающие бифуркации постоянно, то есть развивающиеся хаотически¹⁴. Дополнительно, бифуркации можно разделить на две группы: бифуркации, сохраняющие возможность реконструкции исходного состояния или даже обратимость процесса и бифуркации с «потерей памяти», когда по результату развития невозможно с желаемой точностью восстановить исходное состояние. Другое полезное деление — по тому, происходит ли в момент бифуркации резкое скачкообразное изменение какого-либо параметра или характеристики системы, которое может обуславливать упомянутую потерю преемственности¹⁵.

При формализации системы с разным типом развития моделируются по-разному. В первом и третьем случаях вообще нет необходимости говорить о бифуркациях. Наибольший интерес, безусловно, представляет промежуточный случай, когда поведение сис-

¹⁴ В одной из формулировок квантовой механики, с учетом соотношений неопределенности между фундаментальными характеристиками объекта, предлагается считать, что объект эволюционирует по нескольким сценариям одновременно, а итоговая вероятность того или иного исхода соответствует взаимодействию этих сценариев.

¹⁵ «Жесткие» бифуркации с резким скачком какой-либо характеристики называют катастрофами. Будучи термином, это слово не несёт драматического заряда, так же, как слово «дебил» не является ругательством.

темы на этапах устойчивого развития отделяется от поведения в «особые моменты». Необходимо отметить, что такое разделение носит ярко выраженный модельный характер, подразумевает дискретность времени и других характеристик и указывает на существование таких состояний системы, когда она в наибольшей степени подвержена влиянию случайных внешних факторов, и состояний, когда внешние влияния будут успешно игнорироваться. В психологии аналогом бифуркаций являются разнообразные кризисные состояния, когда возрастает роль судьбоносных событий, и моменты зарождения новообразований в психике. С педагогической точки зрения, бифуркационные точки — это моменты совершения выбора, с которыми связываются и развитие системы субъективных ценностей человека, и начальные этапы формирования профессиональных навыков.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ, грант ур. 10.01.058(571) программы «Университеты России».

Э.Ф. Зеер

г. Екатеринбург,

Российский государственный

профессионально-педагогический

университет

Профессионально-образовательное пространство личности: синергетический подход

В психологии профессионального образования одной из острых проблем является взаимодействие многоплановых факторов, обуславливающих профессиональное становление личности. К факторам, детерминирующим этот сложный вероятностный процесс, относятся природная среда (географическое местонахождение человека и климатические условия), биологический и социальный факторы, собственная активность и случайное стечение обстоятельств и событий. Взаимодействие этих факторов происходит